

УДК 551.417 + 551.462.33

**Ю.Д. Шуйский**, доктор геогр. наук, профессор  
кафедра физической географии и природопользования,  
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, Одесса-82, 65082, Украина,  
physgeo\_onu@ukr.net

## **ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ В ВОГНУТЫХ ДУГАХ НЕПРИЛИВНОГО МОРЯ**

В природе существует большое разнообразие открытых береговых дуг на морских побережьях. Различия бывают по генетическим, морфометрическим, литологическим, динамическим признакам. Береговые бухты (дуги) бывают: а) структурными, которые занимают естественные углубления, вдающиеся в сушу, имеют эндогенное происхождение; б) скульптурными, которые вырабатываются процессами абразии, денудации, выветривания, флювиальными. Самым сложным элементом дуги является пляж. Среди неприливых морей, разнообразием береговых дуг выделяется также и Черное море. Многократные исследования их пляжей в течение многих лет позволили выявить закономерности распределения медианного диаметра, коэффициента сортировки, ведущей фракции наносов, ширины, высоты, уклонов пляжей. При этом учитывалось распределение потоков ветро-волновой энергии, их рассеивание над подводным склоном, происхождение наносов и их потоки в границах дуг. В качестве сравнительного материала рассматривается ряд вогнутых дуг на побережьях Черного и Балтийского морей. Несколько береговых дуг исследовано. Получен новый материал о распределении различных характеристик пляжей

**Ключевые слова:** море, берег, пляж, параметры, ширина, высота, уклон, бухта, залив, наносы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современное природопользование в береговой зоне морей характеризуется усилением антропогенного пресса на природные системы. Особой привлекательностью отличаются берега вогнутых береговых дуг, поскольку море в них отличается относительным спокойствием, лучшим прогревом воды, обилием наносов, что позволяет формироваться весьма комфортным пляжам. В течение минувших 10-20 лет усиливается застройка берегов заливов и бухт, создание мест стоянки яхт и катеров, огражденных купален. При этом важнейшим рекреационным объектом оказывается пляж, и ему уделяется наиболее пристальное внимание. Следует выявить, как скажется усиление хозяйственного использования берегов заливов и бухт на состоянии и сохранности пляжей как основного рекреационного ресурса. В этой связи тема статьи является *актуальной*. С целью оптимизации антропогенной деятельности и минимизации ущерба природе морского побережья, нами был исследован пляжи в пределах

наиболее ярко выраженных вогнутых береговых дуг в условиях неприливно-го Черного и ряда других морей. Была поставлена *цель* – выявить основные параметры пляжей в вогнутых береговых дугах и проанализировать их состояние для оценок практического использования (расчетов рекреационной емкости, установления размеров искусственных пляжей, оценок степени влияния на скорости абразии берегов и др.). Для достижения данной цели следует решить такие главные задачи: *а)* выполнить анализ истории исследования данной темы; *б)* оценить полученный авторский материал исследований; *в)* уточнить определение открытых береговых дуг; *г)* изложить и проанализировать оригинальные данные о береговых дугах на побережье Черного моря.

*Объектом* нашего исследования является бухтовое побережье неприливно-го морей, а в первую очередь – Черного моря. *Предметом* исследования выбраны закономерности распределения литолого-морфологических характеристик пляжей в пределах вогнутостей заливов и бухт на морских побережьях для практического использования. Полученные результаты и выводы развивают учение о формировании бухтовых берегов, о их строении, развитии, классификации и практическом использовании. Поэтому данная статья имеет *теоретическое* и *практическое значение*. Выводы статьи можно использовать при оценках рекреационных ресурсов, выборе якорных стоянок, дачной застройке морских берегов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами исследования для данной статьи послужила информация о литолого-морфологических характеристиках пляжей ряда открытых береговых дуг (БД) – бухт и заливов Черного моря. В качестве примеров можно назвать Одесский, Феодосийский, Евпаторийский заливы, Бакальскую и Ярылгачскую бухты. Часть исследованных бухт была закартографирована маршрутно-экспедиционными методами. Другая часть регулярно измерялась береговыми стационарными методами, что позволило выявить динамику пляжей. Ее особенности увязывались с режимом морского волнения. Дополнительно использовалась информация о пляжах в бухтах других морей, что позволило выполнять физико-географические сравнения и устанавливать более широкий круг закономерностей. Среди других общегеографических теоретических методов исследования применялась систематизация, классификация, анализ, статистические методы, компьютерные обобщения и оценки.

Во время полевых работ использовались нивелирование, тахеометрия, промерно-грунтовое и грунтово-нивелировочное профилирование, литологическое опробование в типичных, но наименее исследованных открытых береговых дугах (рис. 1). При построении топографических планов и профилей использовались масштабы 1:500 и 1:2000. В процессе камеральной обработки материалов исследований были получены линейные и объемные характеристики пляжей, данные о составе пляжевых наносов. Их интерпретация производи-

лась путем построения графиков и схем, при этом использовались осредненные значения различных характеристик. Во избежание многочисленных повторений, примем условное обозначение *БД* для всех рассмотренных береговых дуг.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Анализ краткой истории исследований.* В работах ряда исследователей было замечено [4, 9, 11], что формирование вогнутых береговых дуг между двумя крайними опорными точками (прочными мысами) приводит к равновесной форме при любых первичных очертаниях. В своих работах В.П. Зенкович [4] установил качественный механизм развития *БД*, в основе которого лежит попеременное воздействие разносторонних косых и нормальных волнений. В итоге создается рассредоточение, явление диссипации волновой энергии на большей длине берега, поскольку длина береговой линии дуги всегда больше длины прямолинейного открытого берега.

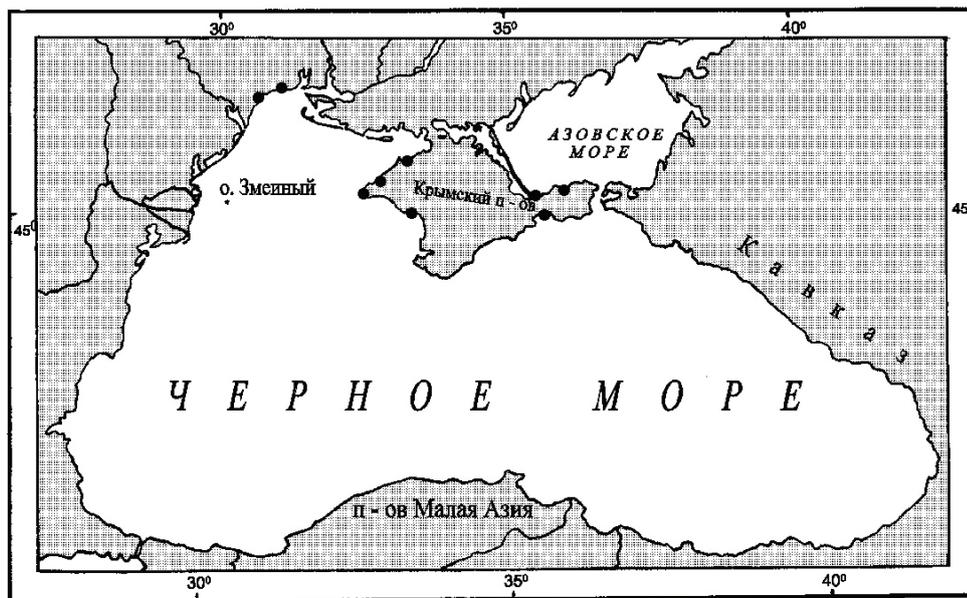


Рис. 1. Схема расположения открытых вогнутых береговых дуг, которые были исследованы на побережьях Черного и Азовского морей

Следуя этой схеме, Б. А. Попов [9] полагает, что если эффект воздействия косых волнений, определяемый некоторой функцией их силы (поступающей механической энергии волн) и направления луча, оказывается одинаковым, то развитие дуги стремится к симметричной форме. Если направление луча волны и энергия волны неодинаковы вдоль береговой линии *БД*, то ее форма стремится к асимметричной, скошенной. При этом, критикуя выводы А. С. Девдариани, Б.

А. Попов считает необходимым обязательно учитывать попеременный характер влияния волнений с разной энергией и разной экспозицией  $E$ , т.е. результирующего энергетического вектора по отношению к касательной в каждой точке дуги. В этой связи Б. А. Попов, как и Г. В. Выхованец [1], исходя из натуральных измерений, утверждает наличие множества сочетаний углов подхода и параметров волн, которые могут вырабатывать *БД* разной формы и контуров береговой линии. Конечно же, быстрее всего на такое разнообразие действующего фактора реагируют пляжи. Береговой рельеф, представленный коренными цементированными и кристаллизованными породами, меняется медленно: чем прочнее горные породы, тем медленнее вырабатывается *БД*. Если же дуга сложена неконсолированными осадочными отложениями, то ее выработка стремится к быстрому приближению к «равновесному» состоянию.

Основные природные характеристики вогнутых дуг на побережье Черного моря впервые специально рассматривались В. П. Зенковичем [3] и В. В. Лонгиновым [6]. Это были, соответственно, бухта Бакальская и бухта Ярылгач. Названные авторы определили происхождение данных бухт, морфологию берега и подводного склона, состав наносов прибрежного дна. Однако, они упустили информацию о морфометрии пляжей и распределении пляжевых наносов. В итоге не был определен запрет на вывоз пляжевых песков с Бакальской косы и пересыпи Джарылгач, и сейчас это привело к резкому уменьшению размеров пляжей. Важны также черты первичного формирования берегов данных бухт для пояснения их происхождения. Позже, в отдельной статье и в монографии В. П. Зенкович [4] обосновал положение об устойчивом контуре отступления берега в открытой вогнутой дуге.

Поскольку береговые дуги, согласно сложившемуся мнению разных авторов, обозначают укоренившееся состояние равновесия с окружающими физико-географическими условиями, то ряд исследователей предложил использовать такую форму как стабильную, пригодную для очень эффективных берегозащитных сооружений. Например, в работе Е. Н. Егорова [2] предлагается рассматривать извилистую и фестонобразную береговую линию как равновесную, устойчивую, существенно значимый путь к рационализации и удешевлению берегозащитных сооружений. Этот автор называет фестоны, оффсеты, песчаные «волны» в качестве реальных природных аналогов для искусственных (бетонных, асфальтовых, грунтовых и пр.) защитных конструкций. Их равновесную форму следует придавать искусственным берегозащитным сооружениям. При этом, развивая взгляды О. Ф. Эванса и Р. Р. Миникина, Е. Н. Егоров делает попытку сформулировать основные причины образования данных эфемерных ритмичных форм берегового рельефа, аналогов береговых дуг, как весьма стабильных образований.

Позже многолетние стационарные исследования Е. И. Игнатова [5] показали, что распределение параметров пляжей в пределах *БД* теснее всего связано с волновым режимом и диссипацией волновой энергии над подводным скло-

ном. Эту закономерность он вывел путем построения схем рефракции волн при входе в бухту от разных румбов (рис. 2). Волны относительно равномерно охватывают всю длину дуги лишь во время нормальных волнений. Каждая ортогональ упирается в точку, в которой касательная образует прямой угол с лучом ортогонали, и в этом случае наносы практически не перегоняются вдоль берега *БД*. Все остальные распределяют наносы с повышенной интенсивностью в направлении различных опорных точек («крайних входных мысов»). При этом параметры пляжей менялись весьма интенсивно, на что указывали и другие авторы. Наиболее крупные пляжи локализуются перед наветренным мысом, куда подвижки наносов загоняют основную массу наносов дуги, согласно Е. И. Игнатову.

В своей работе Е. И. Игнатов, как и ранее Г. В. Выхованец, высказал сомнение в том, что форма берега в пределах дуг может служить моделью для формы жестких гидротехнических берегозащитных сооружений. При этом ранее Г. В. Выхованец [1] обнаружила, что песчаные пляжи внутри дуг, даже под влиянием дефицита наносов в береговой зоне, могут менять свою ширину на величины порядка  $\pm 25$  м, а высоту – в 2-3 раза на протяжении сезонов года и многих лет. Даже если изменения не столь впечатляющие, все равно становит-

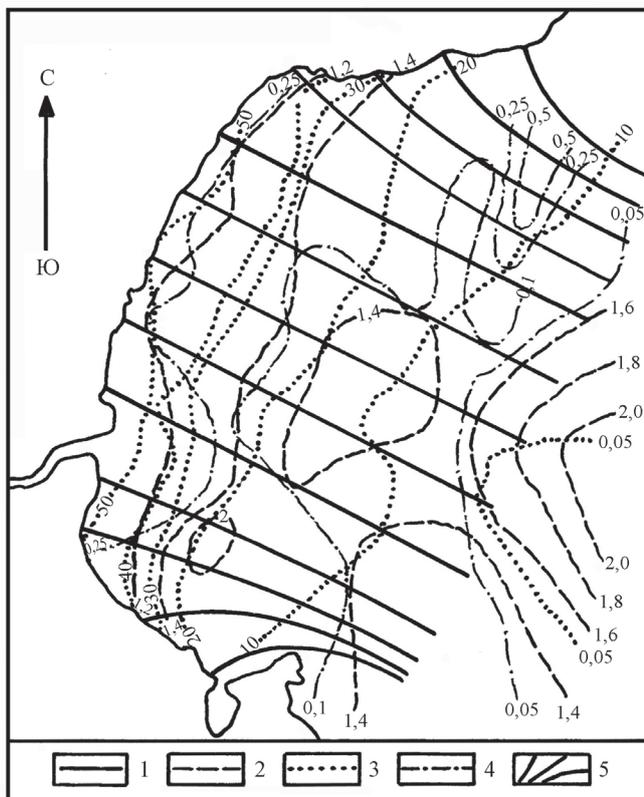


Рис. 2. Схема лито-гидродинамического состояния бухты Рудная, север-восточное побережье Японского моря, во время волнения с нормальным лучом ветровой волны. Условные обозначения:  
 1 – береговая линия бухты; 2 – коэффициенты сортировки донных наносов, усл. ед.; 3 – изолинии придонных орбитальных волновых скоростей, см/сек; 4 – распределение донных наносов по медианному диаметру,  $M_d$ , мм; 5 – лучи волн, пришедших по нормали из открытого моря [5]

ся очевидным, что именно динамичность обеспечивает сохранность пляжей в пределах *БД*. Именно динамичность является обязательным залогом гашения волновой энергии. Весьма ослабленной является прибрежно-морская дифференциация исходного осадочного материала, и это тоже особенность *БД*.

Обильный материал исследований береговых дуг был получен Ю. А. Павлидисом [7] на примере островных берегов – в вогнутых дугах Курильских островов. На примере дуги бухты Простор можно заметить, что наименее крупные и лучше всего отсортированные наносы тяготеют к пазухе сноса в левой части бухты, вдали от питающих клифов и реки Б (рис. 3). В целом ведущими являются две песчаные фракции – 0,1–0,25 мм и 0,25–0,5 мм. Медианный диаметр относительно однообразен и колеблется от 0,15 мм до 0,8 мм при том, что коэффициент сортировки  $S_o = 1,2–1,6$ . Такие размеры устойчиво держатся десятилетиями и столетиями на протяжении верхнего голоцена в условиях доминирования типичных малоактивных вдольбереговых миграций. Установлена четкая связь состава пляжевых наносов с источниками питания осадочным материалом, – эта особенность является также характерной. На низких равнинных берегах речное питание обуславливает преобладание песчано-алевритовых наносов, а абразионное питание – крупнозернистого песка и гравия. Относительно однообразным является фракционный состав пляжевых наносов в *БД*, что отмечают также Е. И. Игнатов [5], Г. В. Выхованец [1] и В. Г. Ульст [11]. В условиях насыщенности вдольбереговых подвижек наносов, особенно при значительной повторяемости ветров от морской стороны горизонта, возможно формирование береговых дюн. Они обычно выступают в качестве резерва для непрерывной подпитки пляжей в *БД*, особенно после штормов.

Наиболее настойчиво и последовательно использование извилистых и бухтовых берегов как природного аналога для создания искусственных берегозащитных гидротехнических сооружений отстаивает ряд морских гидротехников, инженеров-геологов и экологов [10]. Они предлагают учитывать радиус и «глубину» вогнутости, время развития дуги, уклоны подводного склона, интенсивность диссипации волновой энергии. Уже давно доказано, что устойчивость пляжей в береговых дугах теснее всего связана с развитием баланса наносов в береговой зоне моря [12]. Основной принцип инженерной морфодинамики берегов, провозглашенный в монографии Ю. Н. Сокольникова [10], нельзя абсолютизировать, воплощение природной формы в форму жестких гидротехнических сооружений (включая также и бухтообразные разных размеров) выглядит некорректно. Динамичность естественных форм не может быть у искусственных форм, какой бы облик им не придавали. В то же время очевидно, что искусственный аналог может дать хороший защитный результат при учете соотношения между волновой энергией и массой наносов в пределах *БД*. В этом заранее заложен учет динамичности берегов и подводного склона открытых береговых дуг как природного аналога берегозащитных сооружений.

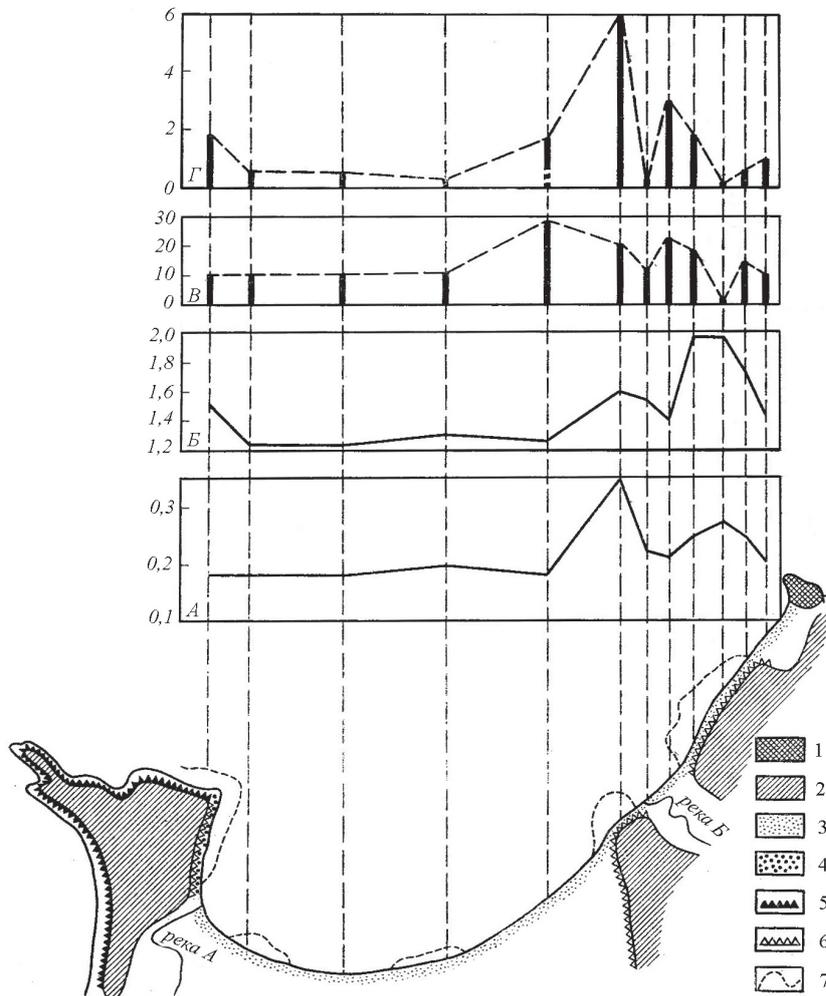


Рис. 3. Изменение грануло-минералогического состава пляжевых наносов вдоль вогнутой береговой дуги бухты Простор под влиянием вдольберегового потока ветро-волновой энергии.

Условные обозначения: А –  $Md$ ; Б –  $S_o$ ; В – валовое содержание тяжелой фракции, %; Г – содержание титаномагнетита; 1 – андезит; 2 – туфогенные и туфогенно-осадочные породы; 3 – песчаные отложения и наносы; 4 – галечно-валунные отложения и наносы; 5 – активный клиф; 6 – отмерший клиф; 7 – морской край бенча [7]

Уверенность Ю. Н. Сокольникова, А. Л. Онуфриенко, В. И. Вечорека, Е. И. Сафроновой, В. Н. Сидорчука, Е. С. Цайтца и др. в высокой эффективности открытых вогнутых береговых дуг как модели для наиболее совершенных гидротехнических сооружений не соответствует закономерностям естественного развития этих дуг. Прежде всего, крайне несовершенным оказался поперечный профиль береговой зоны, взятый в качестве эталона (рис. 4). Считаю заслу-

живающими внимания несколько особенностей морфологии и динамики бухтовых берегов.

Авторы предложенного искусственного аналога уверены, что отступление берега сопровождается выработкой прибрежной абразионной террасы, а глубже нейтральной зоны – накоплением наносов, причем, объем снесенного абразией материала равен объему отложившегося на подводном склоне. Такое явление в природе скорее всего является исключением, чем правилом. Поэтому строить отдельный метод берегозащиты на нереальном примере считаю неверным.

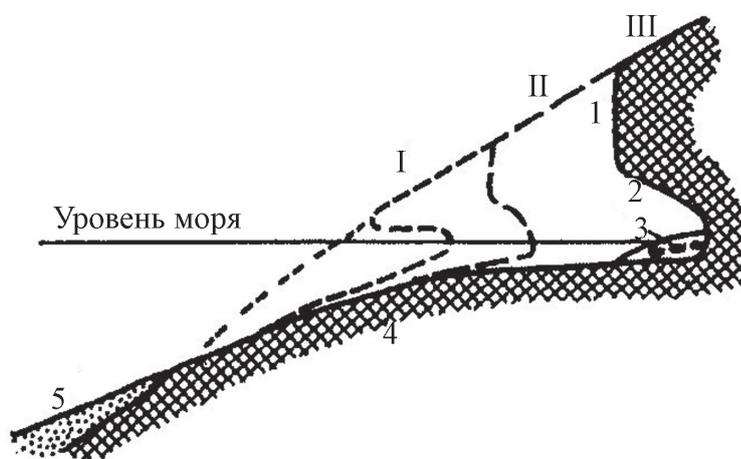


Рис. 4. Схема развития и основные элементы поперечного профиля абразионного берега. Стадии отступления I, II, III, и абразионный врез; 1 – клиф; 2 – волноприбойная ниша; 3 – пляж; 4 – бенч; 5 – подводная прислоненная аккумулятивная терраса

Береговые дуги рассматриваются как очаг накопления прибрежно-морских наносов. В то же время одна из практических рекомендаций указывает на первичное строительство боковых опорных точек (как у природных *БД*) в надежде, что берег между ними размоется и отступит. При этом образуется дуга до максимальных «равновесных» размеров, когда разрушение волны над образовавшимся уклоном подводного склона окажется полным. Вопрос: возможно ли это, если сам факт образования береговой дуги превращает ее в очаг накопления наносов? Следует заметить, что в данном случае не обсуждаются (хотя и упоминаются) вопросы о балансе наносов, о геологическом строении берега и подводного склона, о влиянии сгонно-нагонных процессов. Без этого данную модель нельзя признать пригодной.

Имеется показательный пример влияния направления ветра на песчаный низменный берег большой открытой береговой дуги по итогам исследований в Гданьском заливе Балтийского моря [14]. Во время сильного шторма, с почти точным многочасовым направлением «*W→E*» и скоростью 17-25 м/сек

(порывы до 32 м/сек), пляжи вдоль всей дуги были охвачены эоловым переносом. Западный берег не подвергался волновому влиянию, поскольку ветер был береговым сгонным. В течение 1,0-1,5 час он вынес в море весь пляжевый песок. На южном берегу, при ширине пляжа до 50 м, значительная часть (до 35-45%) сдувалась в море. Остальное количество отлагалось на береговых дюнах и уносилось далее на сушу в пределы «пальве» и дельты Вислы. Мощность эоловых подвижек часто может достигать 150–450 г/м<sup>2</sup>·мин во время подобных скоростей ветра в центральной части незатопленного волной пляжа в границах открытой БД. Этого достаточно, чтобы в течение 1,5–2,0 час сухой слой песка оказывался снятым с поверхности пляжа. После этого ветровой поток вошел в соприкосновение с влажной поверхностью пляжа, а количество перемещаемых наносов существенно уменьшилось. К тому же во время сильных продольных ветров начинается вдольбереговой перенос наносов на восточную сторону дуги, а поток брызг морской воды смачивает мористый склон береговых дюн. Наиболее сильным эоловый перенос формируется тогда, когда луч ветрового потока приближается к  $\approx 80-90^\circ$ , а мощность эоловых подвижек достигает 400-700 г/м<sup>2</sup>·мин. В это время штормовой ветер уносит песок с пляжа за гряды береговых дюн и отложения песка являются характерным отличием от остальных типов открытой береговой дуги. Другим отличием является влияние песчаных береговых дюн на пляжи открытых БД. Поэтому на песчаных берегах следует решать важную задачу: как в конструкции искусственного аналога берегозащитного сооружения учесть взаимовлияние волновых и эоловых процессов.

Данный анализ краткой истории исследований показал, что сегодняшнее состояние изученности открытых береговых дуг не соответствует современным требованиям практики. Недостаточно разработана теория, не обоснована практическая применимость. Еще и сегодня совершенно недостаточно фактического материала. Природа открытых береговых дуг на морских побережьях является весьма разнообразной, многоплановой и многофакторной. Поэтому любая дополнительная информация имеет ценность и будет способствовать дальнейшему развитию учения об открытых береговых дугах и разработке новых конструкций берегозащитных сооружений.

*Определение береговых дуг.* В береговедении сложилось так, что вогнутости береговой линии понимались как открытые бухты с соотношением глубины вреза в сушу к расстоянию между ограничивающими мысами равным менее единицы. Синонимами таких вогнутостей являются: *береговая дуга, лукоморье, береговая излучина, «пазуха» берега.* Сегодня следует признать, что в специальной литературе по береговедению чаще всего употребляется термин «открытая вогнутая береговая дуга».

Открытая вогнутая береговая дуга отличается от ординарного залива или бухты тем, что в условиях острого угла между ее хордой (соответствует равновесной аккумулятивной береговой дуге) и энергетической равнодействующей

волнения  $E$  в вогнутости вдоль общего направления береговой линии может проходить вдольбереговой поток наносов. Формируются  $БД$  могут при селективной абразии, когда между двумя очень прочными блоками породы залегают существенно менее прочные. Довольно часто береговые дуги образуются путем заполнения (аккумулятивная терраса) или перегораживания (пересыпь) бывших бухт [4, 5]. На аккумулятивных берегах они могут представлять собой ритмические формы менее высокого ранга. По общепринятому сегодня мнению, степень вреза любых  $БД$  зависит от структуры вдольбереговой волновой равнодействующей.

Влияние селективной абразии на формирование бухт особенно тщательно исследовалось К. Х. Клаппом, А. С. Иониным, О. К. Леонтьевым, В. С. Медведевым, Ф. П. Шепардом. По их представлениям, вначале извилистый берег входит в соприкосновение с водами трансгрессирующего моря, причем выступы сложены прочными породами (I класс по степени сопротивляемости абразии), а вогнутости – гораздо менее прочными (IV-V классы), как показано на рис. 5.

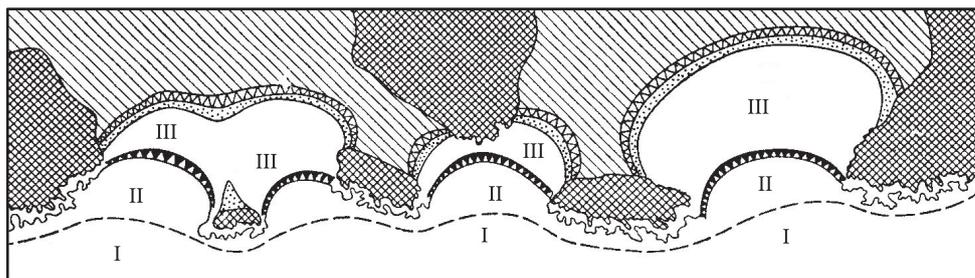


Рис. 5. Схема избирательной абразии морского берега, который сложен горными породами резко различной устойчивости по степени сопротивляемости абразии: клетчатая штриховка – очень прочные породы I класса; диагональная штриховка – слабосцементированные суглинистые породы 4 класса по степени сопротивляемости абразии. I, II, III – последовательные стадии развития абразии. Стадия III соответствует выработанному устойчивому контуру в состоянии, наиболее приближенному к равновесному

По мере стабилизации уровня моря процесс абразии активизируется, поскольку он охватывает прежде всего низкие участки, сложенные малопрочными породами. Образующийся осадочный материал превращается в наносы частично, что приводит значительную его часть во взвесь, выносимую в открытое море весьма активно. Это связано с тем, что образующиеся вогнутости берега становятся очагами нагонного повышения уровня, а значит – в процессе денудации уровня взвешенный материал удаляется в открытое море. Оставшиеся наносы волнового поля распределяются вдоль берегов вогнутостей-бухт, и это существенно замедляет скорости абразии уже на стадии II. На стадии III процесс расширения  $БД$  становится настолько медленным, что достижение крайнего контура может занять многие тысячи лет, если берега сложены

слабосцементированными осадочными породами. Если же абразии подвергаются скальные метаморфические, кристаллизованные или кристаллические породы, то процесс выработки береговой дуги может составить многие десятки тысяч лет в условиях сильного волнового влияния. В процессе гидравлического моделирования такая модель развития более сложного контура берега и формирование мелкобухтового побережья реализуется часто. В бассейнах значительной глубины с широким волнопродуктором бухты образуются довольно быстро после 40-50 тыс. волн.

Если структура такова, что многолетнее множество отдельных волнений дает заметное преимущество одному из двух вдольбереговых направлений относительно нормали к центру дуги, то интегральный вектор  $E$  оказывается смещенным относительно вершины дуги. Причем, интегральное смещение возможно как с одной, так и с другой стороны нормали. В обеих ситуациях пляжи формируют асимметричную форму дуг, как например, на рис. 3, где итоговый вектор обращен к устью реки  $A$ . Если же величины энергетических составляющих относительно нормали, что справа – что слева, хотя бы примерно одинаковы, то дуги приобретают симметричную форму, или близкую ей (рис. 6).

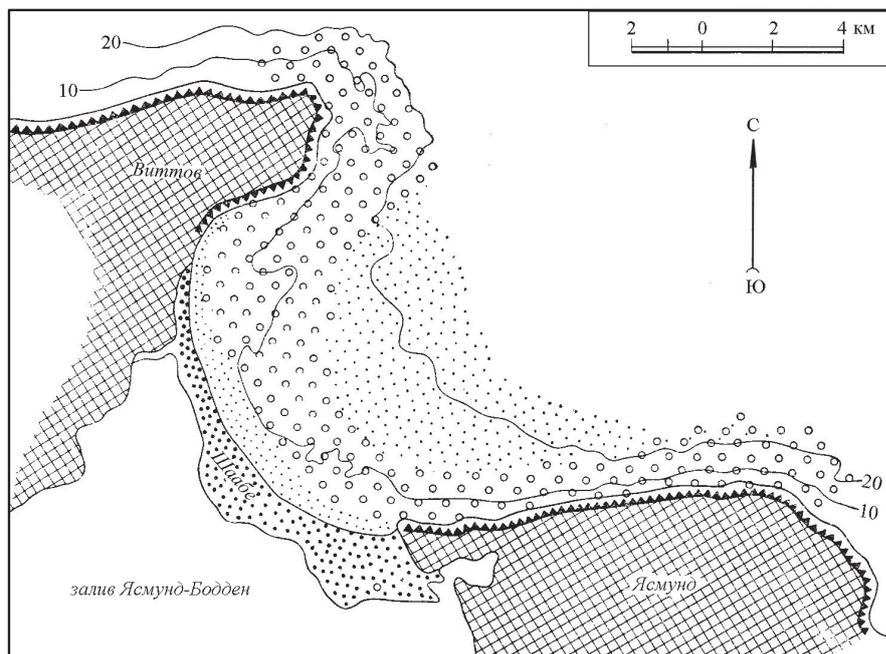


Рис. 6. Схема строения бухты Тромпер-Вик на южном побережье Балтийского моря. Клетчатая штриховка – коренные полускальные породы. Мелкие кружки – валунная отмостка на подводном склоне в сфере влияния волн. Пересыпь Шабе сложена крупными песками с примесью гравия (по данным В. Янке с дополнениями автора)

В зависимости от условий формирования, открытые симметричные дуги могут иметь вид ординарной дуги, параболы или окружности. Ординарные, или внутренние, береговые дуги связаны преимущественно с отмельными берегами (подводными склонами) и формируются волнами преимущественно малой крутизны. Внешние береговые дуги обычны для условий с приглубыми подводными склонами и с действием волн повышенной крутизны. Внешние дуги чаще всего охватывают значительные участки акватории, а их опорные боковые мысы выступают далеко в море, как это имеет место на бухтовых побережьях Японского моря в Приморье или на Скандинавском побережье Норвежского моря. В то же время внутренние *БД* располагаются по периметру побережья, в сравнительно узкой полосе.

Не менее разнообразными береговые дуги бывают в сравнительно небольших или весьма мелководных водоемах. В сравнительно небольших и мелководных морских водоемах формируются преимущественно короткие крутые волны, послештормовой зыби практически не бывает, длина разгона волн невелика. В таких физико-географических условиях должны формироваться внутренние береговые дуги. Для них типичны далеко в море выступающие опорные мысы. В узких, вытянутых. Благоприятны условия насыщения наносами. Если мысы выступают недалеко в море и являются пологими, то вероятнее всего будет заполнение наносами вогнутостей берега. Если же крайние опорные мысы выступают далеко в море, то, при действии четко выраженного одностороннего вдольберегового перемещения наносов развиваются длинные аккумулятивные формы. Нередко такие формы достигают противоположного опорного выступа, а поэтому береговая бухта или малая дуга отчленяется от моря. Если же доминируют подвижки наносов по нормали к берегу, то в данных условиях возможно присоединение бара к оконечностям мысов. В этом случае залив или бухта также отделяются от моря. В обоих случаях, по В. П. Зенковичу [4], происходит смыкание вершин мысов и, следовательно, к расчленению водоема на ряд более мелких округлых или овальных, что находится в близком соответствии с научным положением об эволюции удлиненных акваторий.

*Форма и строение береговых дуг Черного моря.* На побережье Черного и Азовского морей автором было исследовано более полутора десятков береговых дуг разных размеров и формы. В береговой литературе (работы В.П. Зенковича, О.К. Леонтьева, В.В. Лонгинова, Ф.П. Шепарда, П.А. Каплина, Г.Д. Соловьевой и др.) в качестве типичных примеров открытых вогнутых береговых дуг выбраны бухты Ярылгач, Панская и Караджа на крымском побережье Черного моря (рис. 7). Все эти бухты являются результатом влияния тектонического фактора, а в процессе действия голоценовой трансгрессии они превратились в ингрессионные бухты. В этих бухтах значительная часть дна ( $\approx 30\%$  площади) лишена слоя наносов по причине их естественного острого дефицита. По центру дуги на глубинах 4-7 м преобладающими являются

карбонатные пески, причем, ведущей фракцией выступает 0,1-0,25 мм – 64,1-73,3%, несколько заиленные (содержание ила  $\leq 21\%$ ),  $Md = 0,13-0,18$  мм.

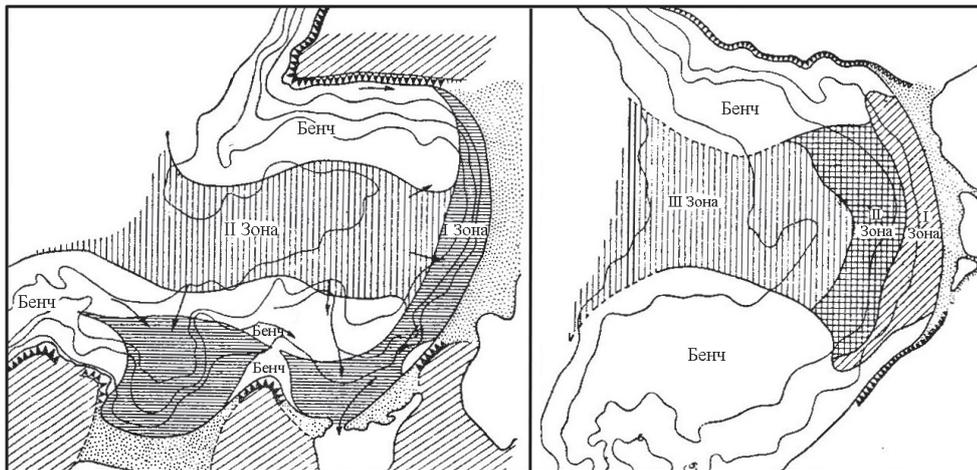


Рис. 7. Схема морфологического строения и поля наносов различного состава в малых бухтах Ярылгач (слева) и Караджа (справа) на западном побережье Крымского полуострова. Зоны: III – ослабленного волнового влияния и распространения илистых и заиленных осадков; II – умеренного волнового влияния и распространения песчано-алевритовых осадков; I – усиленного волнового влияния и распространения песчано-гравийных наносов с примесью ракуши и гальки

Вблизи берега, на глубинах  $\leq 3,5$  м происходит увеличение крупности наносов. Ведущей фракцией оказалась  $S_0 = 0,25-0,5$  мм с содержанием 43-69%, но при этом содержание фракции 0,5-1,0 мм достигает 14-44% против 1,4-2,1% на глубинах 6-8 м. При этом содержание ила равно 1,9-3,1%. В этой связи напрашивается вывод, что вдоль берега на подводном склоне располагается полоса относительно крупных наносов, которые питают пляжи данной БД. Под влиянием абразии известняков и выбросов ракуши поддерживается процесс активного истирания наносов, растворения и дробления раковин моллюсков, но эти потери компенсируются выбросами со дна. В итоге происходит формирование пляжей, типичных для открытых береговых дуг. Они развиваются в условиях острого дефицита наносов и доминирования северных–северо-западных волнений (рис. 1).

В бухте Ярылгач локализовались пересыпи двух лиманов – Джарылгач и Панского (рис. 8). Под влиянием чаще всего повторяющихся волнений наиболее крупные наносы тяготеют к центру дуги ( $Md = 0,9$  мм), а самые мелкие ( $Md = 0,3$  мм) – к ее флангам у Панской пересыпи (рис. 8, 1). Поэтому поверхность пляжа может держать значительный уклон – до 0,09 при ширине до 12 м. По всей ее длине пляжевые наносы хорошо отсортированы ( $S_0 = 1,2-1,5$ ). Для этой пересыпи перемещение наносов на один из флангов обуславливает сни-

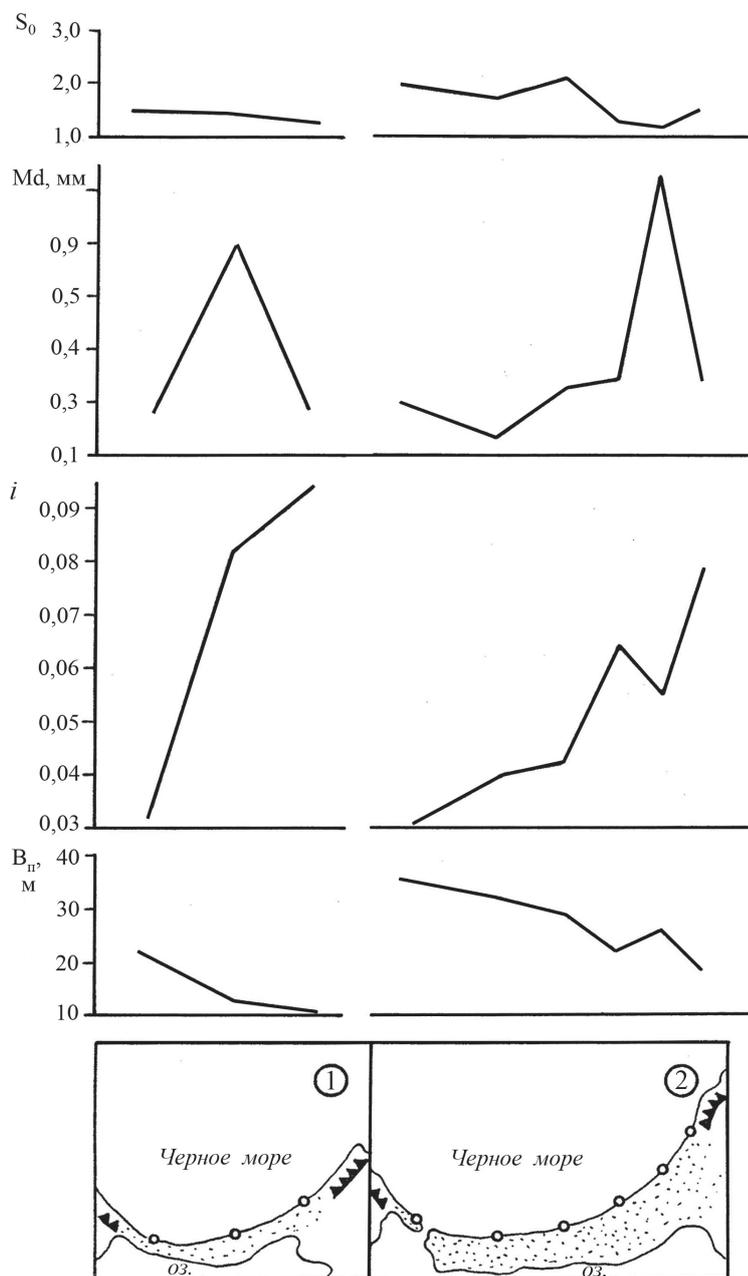


Рис. 8. Схема распределения вдоль берегов открытых береговых дуг ряда характеристик пляжей на побережье Черного моря: 1 – бухта Панская; 2 – бухта Джарылгач (кружки – участки измерений); Характеристики:  $B_n$  – ширина пляжа;  $i$  – уклон пляжа пляжа,  $\text{tg } \alpha$ ;  $Md$  – медианный диаметр наносов, мм;  $S_o$  – коэффициент сортировки

жение ширины пляжа, увеличение ее высоты и уклона. На противоположном фланге формируется увеличение ширины до 26 м и уменьшение уклона до 0,03.

Пересыпь Джарылгач (рис. 8, 2) является более открытой действию волнений со стороны моря. Как и Панская, она питается наносами абразионного происхождения, которые сносятся с активных известняковых клифов на смежных берегах, а также раковинным детритом. Основное количество штормов приходится на северо-восточный фланг, ближе к м.Черному. Поэтому сюда сносятся наиболее крупные фракции, способные держать крутой естественный откос ( $i \leq 0,08$ ). Гораздо более часто действуют ветро-волновые нагоны, что ведет к вымыванию мелкозернистых фракций и концентрации крупных ( $Md \leq 1,0$  мм). В этой связи высота пляжа на правом фланге в 2,5 раза больше – 2,0 м против 0,7-0,8 м на левом фланге. Значительна разница ширины пляжа – от 18-20 м до 37-40 м. При этом коэффициент сортировки наносов лучше на правом фланге, чем на левом.

Полученные данные отражают закономерные изменения ряда параметров пляжей в пределах открытых береговых дуг, которые развиваются в условиях острого дефицита наносов, ослабленного волнового влияния, прочных коренных пород, слагающих побережье, изогнутой береговой линии, весьма изменчивой экспозиции береговой линии по отношению к результирующему вектору ветро-волновой энергии. Так, ширина пляжа уменьшается по мере увеличения действующей волновой энергии, и одновременно растет уклон пляжа, медианный диаметр пляжевых наносов и становится лучше отсортированность пляжевых наносов.

Среди других исследований, было выполнено сопоставление распределения пляжей вдоль береговой линии относительно большой (бухта Караджа) и относительно малой (бухта Рыбацкая) дуги (рис. 9). Длина берега первой составляет 8 км, а второй – 0,8 км, т.е. у первой в 10 раз больше. В обеих основное количество наносов приходит с соседних берегов, которые подвержены заметной абразии толщ сарматского известняка (в среднем 0,2-0,5 м/год). Часть наносов является биогенной, в виде ракушки (*Cardium edule*, *Mia arenaria*, *Dreissena pontica*, *Rapana barbata*). Подводный склон и берег бухты Караджа подвержены гораздо более сильному волновому влиянию, чем в Ярылгачской бухте. Поэтому на глубинах 10-23 м доминирующими являются фракции 5-2 мм (27-31%) и 2-1 мм (40-46%). Фактически отсутствуют фракции  $\leq 0,25$  мм. На глубинах 3-10 м ведущей является фракция  $C_o = 0,25-0,5$  мм (65-76%), а содержание второй по значимости фракции 0,1-0,25 мм может быть 12-21%. В целом не обнаружены фракции крупнее 5 мм, что указывает на значительную волновую переработку наносов. Еще менее крупными оказались наносы в зоне действия прибойного потока. Возле самого берега моря, на глубинах  $\leq 2$  м ведущая фракция остается прежней,  $C_o = 0,25-0,5$  мм (81-87%) при  $Md = 0,25-0,33$  мм. Практически не встречаются фракции  $> 2$  мм и  $< 0,1$  мм, что говорит о хорошей отсортированности наносов ( $S_o = 1,1-1,3$ ).

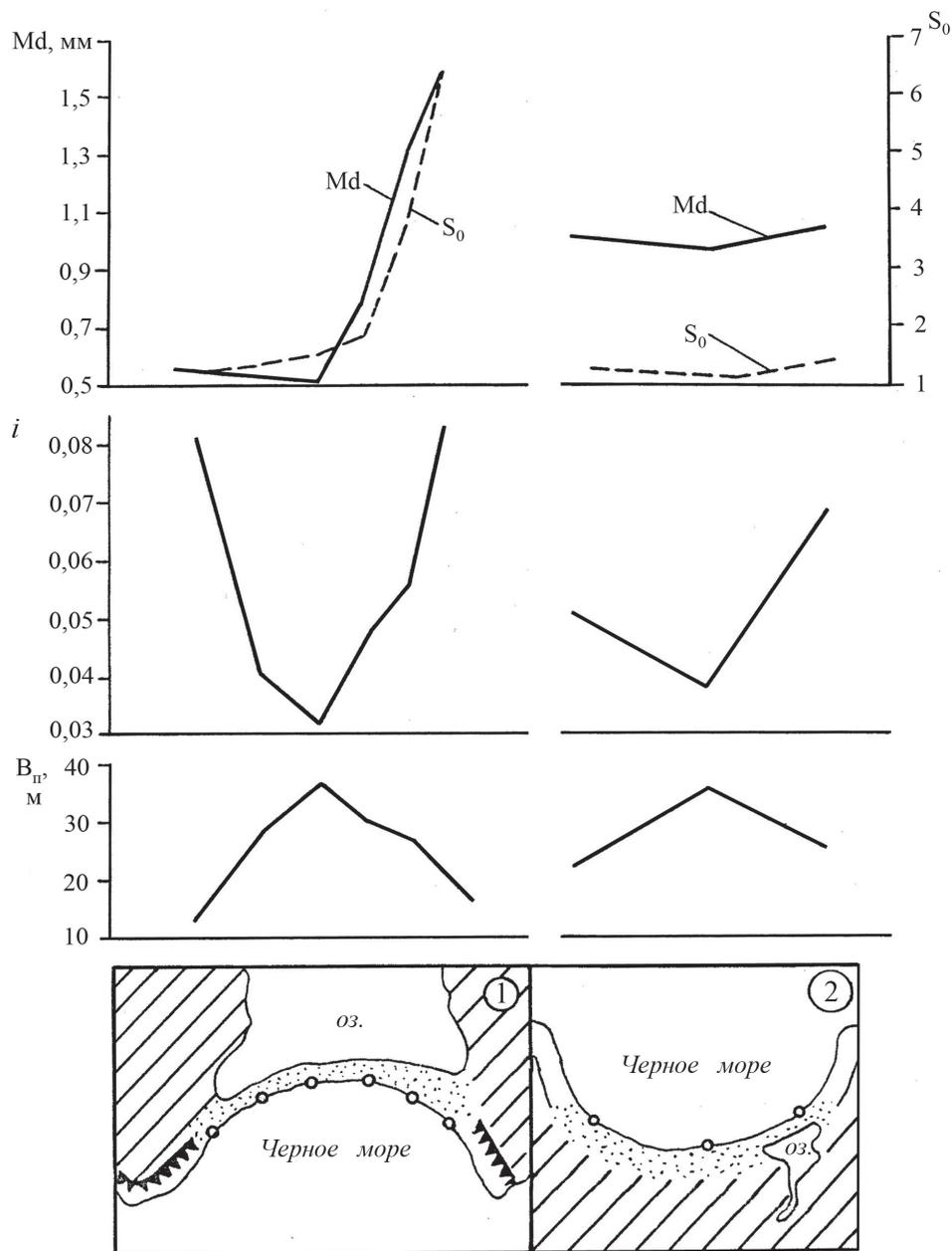


Рис. 9. Схема распределения вдоль берегов открытых береговых дуг ряда характеристик пляжей на побережье Черного моря: 1 – бухта Караджа; 2 – бухта Рыбацкая (кружки – участки измерений); Характеристики:  $B_{п}$  – ширина пляжа, м;  $i$  – уклон пляжа,  $\text{tg } \alpha$ ;  $Md$  – медианный диаметр наносов, мм;  $S_0$  – коэффициент сортировки

На подводном склоне мешкообразной Рыбацкой бухты, на створе общего направления берега расположены глубины 5-6 м, а не 23 м, как у бухты Караджа. Поэтому, в условиях нормальной экспозиции лучей волны, гораздо более сильными оказываются нагонные явления. Это приводит высокой интенсивности удаления донных наносов вплоть до глубины 3 м, мористее которой (между 3 и 6 м) разместился бенч. К берегу прижимаются наносы повышенной крупности, фракции  $> 0,5$  мм. Ими как раз и питаются пляжи, а повышенной волновой переработкой обеспечивается интенсивное дробление и истирание наносов.

Бухта Караджа открыта наиболее сильным волнениям, которые вызываются преобладающими северо-западными и северными ветрами. Отсюда следует, что основное количество наносов, преимущественно крупных, в первую очередь тех обломков породы, которые во время штормов отрываются от дна присосками растений (*Fucus*, *Phyllofora pana*, *Anphelcia* и др.) и подвергаются водорослевому разносу. Наносы повышенной крупности прижимаются к южному флангу бухты, в направлении м. Тарханкут. За счет гидрогенной сепарации, отсюда удаляются практически все частицы крупнее 2,5 мм. Соответственно, уклон пляжа становится весьма крутым ( $i = 0,08-0,09$ ), а ширина его – 13-17 м. Получается, что у наветренных мысов открытых БД, куда направлено действие наиболее частых и сильных волнений с высокими нагонами, пляжи оказываются выше, более узкими и сложенными наиболее грубыми наносами [1, 13].

Эта закономерность четко проявилась в пределах береговой дуги бухты Караджа. При этом имеет значение основное направление движения наносов к югу, и в южный угол сносится основная часть крупных фракций. Главным фактором выступает гидрогенный: направление действия и величина волновой энергии. В итоге в данной дуге, как и в бухте Рыбацкой, четко просматривается закономерность: чем шире пляж, тем меньше уклон его поверхности, причем, наиболее пологие и широкие пляжи тяготеют к центру дуги (рис. 9, 1), в отличие от бухты Ярылгач с пересыпями Панская и Джарылгач. Что касается состава наносов, то вдоль берега Караджи значения медианного диаметра меняются от 0,5 мм (в центре дуги) до 1,7 мм на южном фланге перед м. Тарханкут. Лучше всего пляжевые наносы отсортированы вдоль северной половины дуги ( $S_o \approx 0,5$ ). Но на южном фланге коэффициент сортировки растет до  $S_o \approx 5-7$  одновременно с ростом  $Md$ . В этих различиях отражается влияние других характеристик действия волн, по сравнению с рассмотренными выше открытыми дугами.

Длина прислоненного пляжа в бухте Рыбацкой составляет примерно 400 м. Сильнее всего волны воздействуют на фланги этой ингрессионной бухты – восточный и западный. Здесь волна наиболее крутая и усиливается нагонами до 0,5 м выше ординара. Однако, в вершине нагон может достигать 1,5 м. В итоге в крайних точках локализуются наиболее крупные обломки (рис. 9, 2),

а мелкие удаляются на подводный склон, как и в бухтах Ярылгач и Караджа. Это приводит к тому, что фланговые пляжи более узкие ( $B_n = 22-26$  м), более крутые ( $i = 0,05-0,07$ ), более высокие (до 1,6-1,9 м). Поэтому значения медианы повышены ( $Md = 4,0-4,5$  мм), но отсортированность наносов все-таки хорошая ( $S_o \approx 1,7$ ), в отличие от пляжа Караджа.

Иное строение имеет Бакальская бухта на северо-востоке Тарханкутского п-ова, побережье Каркинитского залива, Черное море [3]. Берег бухты разместился между глинистым активным клифом Аврора и м. Песчаным, дистальной оконечностью Бакальской косы. Она находится в условиях мелководности акватории, ослабленного волнового влияния, значительного воздействия сгонно-нагонных явлений, острого дефицита наносов, существенного воздействия биогенного питания наносами. Основное количество терригенных наносов приходит от северо-востока, со стороны активного глинистого клифа. От севера, со стороны мелководной Бакальской банки, поступают преимущественно ракушечные наносы, причем, ими сложено более 60% длины бухтового берега [13]. Бухта широко открыта на северо-восток (рис. 10), длина берега равна 16 км, из которых 75% составляет восточный фланг Бакальской косы. Рассматриваемая береговая дуга открыта действию северных и северо-восточных ветров и волн.

Для оценки состояния берегов бухты, исследования были выполнены на 8 участках. В состав работ входили съемки береговой линии, нивелирование поперечных профилей, изучение состава наносов и их распределение вдоль берега. К северной оконечности почти в 100-150 м от береговой линии располагается изобата –5 м, которая так близко расположена вплоть до вершины бухты. Восточнее эта глубина находится почти в 1,5 км от берега, и подводный склон является весьма отмелым. Поэтому абразионный врез весьма замедлен, а в динамике глинистого клифа существенную роль играют сгонно-нагонные явления.

Уклон подводного склона составляет  $i_s = 0,05-0,07$ . Глубже, до максимальных глубин 13 м, поверхность дна почти ровная и является результатом абразионного вреза в течение голоцена. Здесь господствуют современные илистые осадки. На подводном склоне у северной части косы доминируют песчаные фракции (75-80% всей массы), ведущей является 0,1-0,25 мм ( $C_o = 50-60\%$ ). В южном направлении песок постепенно сменяется доминированием ракуши [3, 6, 13]. В вершине Бакальской *БД* на подводном склоне до 99% составляют фракции > 3 мм, представленный раковинным детритом. Ведущей здесь является фракция 3-5 мм ( $C_o = 35-40\%$ ). В то же время значения  $Md$  равны соответственно 0,35-0,37 мм и 2,30-2,50 мм, а  $S_o$  – соответственно 2,6-3,8 у дистали и 6,3-6,9 по центру открытой дуги. В данной *БД* фракции крупнее 1,0 мм представлены ракушей. Такой состав наносов подводного склона отражает условия сноса с берега в море осадочного материала разного происхождения и режима его распределения.

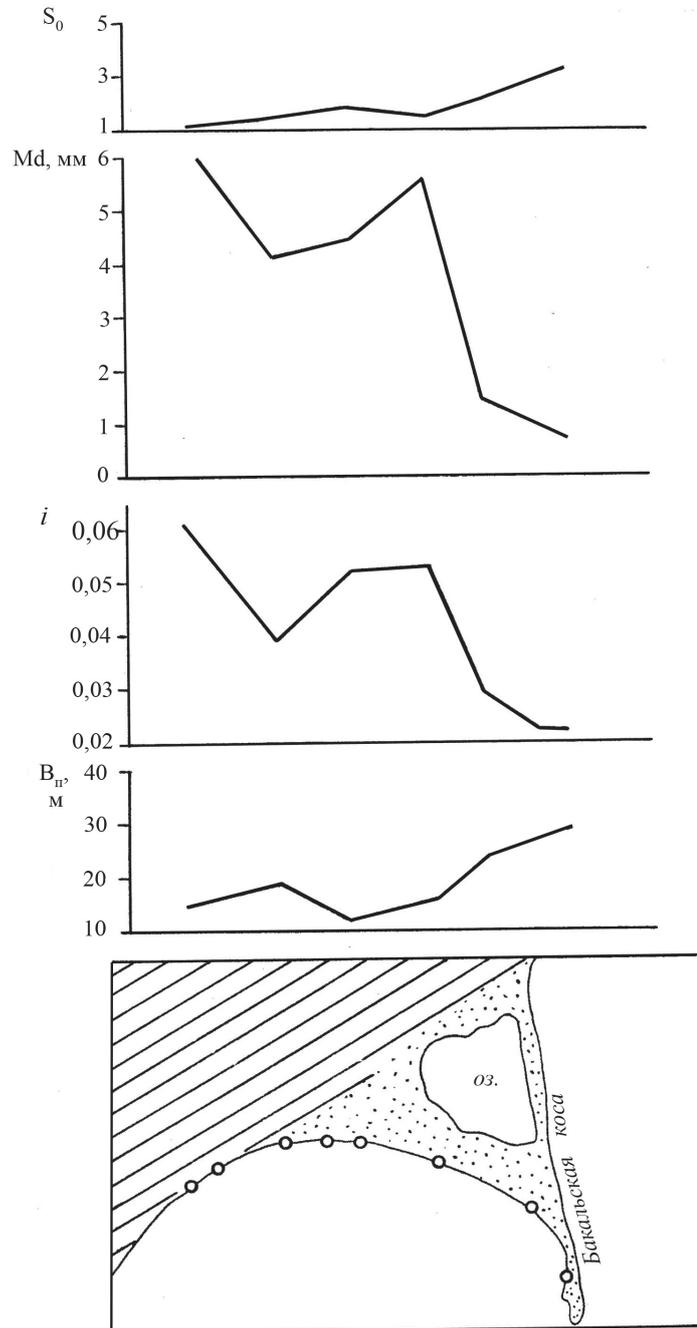


Рис. 10. Схема распределения вдоль берегов открытых береговых дуг ряда характеристик пляжей на побережье Черного моря – бухта Бакальская (кружки – участки измерений); Характеристики:  $B_n$  – ширина пляжа, м;  $i$  – уклон пляжа,  $\text{tg } \alpha$ ;  $Md$  – медианный диаметр наносов, мм;  $S_0$  – коэффициент сортировки

На каждом из 8 участков была измерена ширина пляжа ( $B_n, м$ ), уклон профиля пляжа ( $i_n = tg \alpha$ ), медианный диаметр наносов ( $Md, мм$ ) и коэффициент их сортировки ( $S_o$ ). Вдоль северо-западного фланга бухты, где на пляже наносы наименее крупные ( $Md = 1-2 мм$ ) и хуже всего отсортированы ( $S_o = 3-4$ ), в то же время разместились наиболее пологие ( $i = 0,02-0,03$ ) и широкие ( $B_n = 30-40 м$ ) пляжи. По центру данной открытой дуги и в месте сочленения косы с активным клифом, где концентрируется ракушечный детрит, крупность пляжевых наносов растет, как и на подводном склоне. Медианный диаметр увеличивается до 5-6 мм (содержание фракций  $> 10 мм = 15\%$ ), но крупность наносов относительно однородна, что обуславливает коэффициент сортировки 1,1-2,0. И лишь вдоль абразионного участка *БД*, где идет абразионный снос глинистых пород, высоким оказался процент песчаных и алевритовых фракций. До 70-80% массы сноса в виде пелитовых фракций выкачивается на дно залива.

Аналогичные закономерности размещения основных размеров пляжей, наносов на пляжах и на подводном склоне перед ними в пределах *БД* характерны для всех исследованных примеров. Из полученного материала исследований можно сделать несколько выводов.

## ВЫВОДЫ

1. Открытые береговые дуги (бухты, заливы, береговые излучины, лукоморья, береговые «пазухи») характеризуются большим разнообразием по признакам генетическим, морфометрическим, общего размера, «глубины» вреза, соотношению между шириной и длиной, по литологическим и динамическим. В наиболее общем случае они бывают абразионными и аккумулятивными. Это разнообразие должно учитываться во время проектирования того или иного вида природопользования в качестве оптимального элемента природного обоснования на побережьях приливных и неприливных морей. Причем, для каждой отдельной *БД* – согласно закону географической локальности.

2. В процессе выработки абразионной дуги имеет значение высота берега, связанная с тектонической структурой. Там, где море соприкоснулось с осью положительной тектонической складки, берег выше и скорости абразии меньше. Эти участки образуют мысы или просто выступы. В удалении от осей, на их крыльях, где берег низкий, скорости абразии выше. Поэтому сложились условия для селективной абразии, а именно: на низких клифах вырабатываются вогнутости берега, а на высоких – выступы под влиянием разности скоростей абразионного вреза. Берег становится извилистым, бухты чередуются с мысами, а вершины бухт благоприятны для накопления наносов в виде пляжей или аккумулятивных террас.

3. Выработка равновесной береговой дуги и достижение стабильности является вероятной, относительной, но не абсолютной. Коренные берега, пляжи и подводный склон остаются всегда под влиянием волн и волновых течений. А это значит, что равновесие является динамическим. Именно подвижность,

динамичность береговой дуги является причиной ее относительной стабильности, поскольку высокой является приспособляемость. В условиях действия волнений каждое последующее волнение, прежде, чем строить свой контур и свою скульптуру, должно разрушить последствия влияния предыдущего волнения. А это далеко не всегда может произойти в течение одного волнения или даже их некоторого числа.

4. Кажущееся равновесное состояние берегов бухт натолкнуло на мысль об использовании их вогнутых контуров для создания искусственных ритмичных аналогов в виде морских гидротехнических сооружений. Инженерно-морфологический анализ данных натуральных многолетних измерений показал, что сооружение в виде ритмичного аналога дуги любого ранга (пляжевых фестонов, оффсетов, песчаных волн и др.) не будет повторять развитие природного аналога по двум капитальным причинам: а) гидротехническое сооружение является фиксированно закрепленным, нединамичным, т.е. лишенным механизма сохраняющей подвижности; б) авторы конструкции берегозащитного сооружения упустили несколько важнейших факторов динамически стабильной формы и не исходят из закона географической локальности береговых систем.

5. У наветренных мысов открытых береговых дуг, куда направлено действие наиболее частых и сильных волнений с высокими нагонами, пляжи оказываются выше, более узкими, крутыми и сложенными наиболее грубыми наносами. Эта закономерность проявилась у всех исследованных дуг, несмотря на разные источники и условия питания наносами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Выхованец Г. В.* Динамика естественных песчаных пляжей Одесского залива (Черное море) [Текст] / Г. В. Выхованец // Известия Всес. Географического общества. – 1981. – Том 113. – Вып. 3. – С. 253 – 259.
2. *Егоров Е. Н.* Об устойчивости контура изрезанных морских берегов при нормальной к ним волновой равнодействующей [Текст] / Е. Н. Егоров // Труды Института океанологии АН СССР. – 1957. – Том XXI. – С. 107 – 117.
3. *Зенкович В. П.* Бакальская коса [Текст] / В. П. Зенкович // Сб. работ Инст. Океанологии АН СССР. – 1955. – № 4. – С. 51 – 63.
4. *Зенкович В. П.* Основы учения о развитии морских берегов [Текст] / В. П. Зенкович. – Москва: Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
5. *Игнатов Е. И.* Береговые морфосистемы [Текст] / Е. И. Игнатов. – Смоленск: Маджента, 2004. – 352 с.
6. *Лонгинов В. В.* Бухта Ярылгач [Текст] / В. В. Лонгинов // Сб. работ Инст. Океанологии АН СССР. – 1955. – № 4. – С. 89 – 101.
7. *Павлидис Ю. А.* Некоторые особенности образования современных прибрежных отложений в пределах вулканического архипелага [Текст] / Ю. А. Павлидис. – Москва: Наука, 1968. – 112 с.
8. *Петренко В. С.* Современные осадки бухт Южного Приморья [Текст] / В. С. Петренко, Ю. Д. Шуйский, В. А. Мануйлов // Современное осадконакопление и четвертичный морфолитогенез Дальнего Востока / [Отв. ред. С. П. Плетнев и В. С. Пушкар]. – Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1982. – С. 154-164.
9. *Попов Б. А.* Равновесная форма сильновогнутой (внешней) аккумулятивной береговой дуги [Текст] / Б. А. Попов // Исследование гидродинамических и морфодинамических процессов береговой зоны моря / [Отв. ред. С. Л. Вендров]. – Москва: Наука, 1966. – С. 112 – 138.
10. *Сокольников Ю. Н.* Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения [Текст] / Ю. Н. Сокольников. – Киев: Наукова думка, 1976. – 227 с.
11. *Ульт В. Г.* Морфология и история развития области морской аккумуляции в вершине Рижского залива [Текст] / В. Г. Ульт. – Рига: Изд-во АН ЛатвССР, 1959. – 265 с.

12. Шуйский Ю. Д. Опыт изучения защитных сооружений на песчаных берегах Черного моря [Текст] / Ю. Д. Шуйский // География и природные ресурсы (Новосибирск). – 1996. – № 1. – С. 37 – 43.
13. Шуйский Ю. Д. Механический состав пляжевых наносов на Западных берегах Крымского полуострова / Ю. Д. Шуйский // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа (Севастополь). – 2007. – Вып. 15. – С. 370 – 385.
14. Шуйский Ю. Д. Условия и численные величины эолового переноса песка на южных берегах Балтийского моря [Текст] / Ю. Д. Шуйский, Г. В. Выхованец, Т. А. Лабуз // Вісник Одеського національного університету. Серія геогр. та геолог. наук. – 2006. – Том 11. – Вип. 3. – С. 148 – 165.

## REFERENCES

1. Vyihovanets, G. V. (1981), Dinamika estestvennykh peschanykh plyazhey Odesskogo zaliva (Chernoe more) [Natural sandy beaches dynamics within Odessa Bay, the Black Sea], *Izvestiya VseSoyuzn. Geograficheskogo obshchestva* vol. 113, No. 3, pp. 253 – 259.
2. Egorov, E. N. (1957), Ob ustoychivosti kontura izrezannykh morskikh beregov pri normalnoy k nim volnovoy ravnodeystvuyushey [About stability of contour of jagged sea-shore by impact of normal vector of the wave energy], *Trudy Instituta okeanologii AN SSSR*, vol. XXI, pp. 107 – 117.
3. Zenkovich, V. P. (1955), Bakalskaya kosa [Bakalskaya Spit], *Sbornik rabot Instituta Okeanologii AN SSSR*, vol. 4, pp. 51 – 63.
4. Zenkovich, V. P. (1962), *Osnovny ucheniya o razviti morskikh beregov [Fundamental Principles of sea-coasts evolution]*, Moskva: Izd-vo AN SSSR, 710 s.
5. Ignatov, E. I. (2004), *Beregovyye morfosistemy [Coastal morphologic systems]*. Smolensk: Madzhenta, 352 p.
6. Longinov, V. V. (1955), Buhta Yarylgach [Inlet of Yarylgach], *Sbornik rabot Instituta Okeanologii AN SSSR*, vol. 4, pp. 89 – 101.
7. Pavlidis, Yu. A. (1968), *Nekotorye osobennosti obrazovaniya sovremennykh pribrezhnykh otlozheniy v predelakh vulkanicheskogo arhipelaga. [Several peculiarities of modern sediments forming within area of volcanic islands]*, Moskva: Nauka, 112 p.
8. Petrenko, V. S., Shuisky, Yu. D., Manuylov, V. A. (1982), *Sovremennyye osadki buht Yuzhnogo Primorya [Modern sedimentation in small bays of the Southern Primoria Region]. Proceedings of the Sovremennoe osadkonakoplenie i chetvertichnyy morfologiyenez Dal'nego Vostoka, (Russia, Vladivostok : DVNTs AN SSSR Publ. House) (S.P. Pletnev & V.S. Pushkar, Editors)*, pp. 154 – 164.
9. Popov, B. A. (1966), *Ravnovesnaya forma silnovognutoy (vneshney) akkumulyativnoy beregovoy dugi. Issledovanie gidrodinamicheskikh i morfodinamicheskikh protsessov beregovoy zonyi morya: Sb. nauchn. trudov. Otv. red. S.L. Vendrov. Moskva : Nauka.*
10. Sokol'nikov, Yu. N. (1976), *Inzhenernaya morfodinamika beregov i ee prilozheniya. [Engineering Morphology dynamic of a coasts and its application]*. Kiev : Naukova dumka, 227 p.
11. Ul'st, V. G. (1959), *Morfologiya i istoriya razvitiya oblasti morskoy akkumulyatsii v vershine Rzhskogo zaliva. [Morphology and history of development of marine accumulation area in the corner of the Riga Bay]*, Riga : Izd-vo AN LatvSSR, 265 p.
12. Shuisky, Yu. D. (1996), *Opyit izucheniya zaschitnykh sooruzheniy na peschanykh beregah Chernogo morya [Research experience of protecting constructions within sandy shores of the Black Sea]*, *Geography & Natural Resources Journal*, No 1, pp. 37 – 43.
13. Shuisky, Yu. D. (2007), *Mehanicheskiy sostav plyazhevykh nanosov na Zapadnykh beregah Krymskogo poluostrova [Mechanical composition of beach sediment along Western Shores of the Crimean Peninsula]*, *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use and Shelf Resources*, vol. 15, pp. 370 – 385.
14. Shuisky, Yu. D., Vykhovanets, G. V., Labuz, T. A. (2006), *Usloviya i chislennyye velichiny eolovogo perenosu peska na yuzhnykh beregah Baltiyskogo morya [Environment and calculate values of a sand aeolian movement within Southern Coasts of the Baltic Sea]*, *Odessa National University Herald. Ser. Geography & Geology*, vol. 11, No. 3, pp. 148 – 165.

Поступила 25.09.2015

**Ю. Д. Шуйський**

кафедра фізичної географії та природокористування,  
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,  
вул. Дворянська 2, Одеса-82, 65082, Україна  
physgeo\_onu@ukr.net

**ПРОВІДНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ БЕРЕГІВ  
В УВІГНУТИХ ДУГАХ НЕПРИПЛИВНОГО МОРЯ****Резюме**

На різних морських узбережжях розповсюджене велике різноманіття відкритих берегових дуг. Вони розрізняються за генетичними, морфометричними, літологічними, динамічними ознаками. Розрізняють дві провідні групи берегових дуг (бухт): а) структурні, які посідають природні заглиблення, що розповсюджуються в суходіл, мають ендегенне походження; б) скульптурні, які виробляються процесами абразії, денудації, вивітрювання, флювіальними. Найбільшою складністю відрізняється пляж, найкращий природний захист корінних берегів від хвильового негативного впливу. Серед неприпливних морів різноманітністю відрізняється також і Чорне море. Протягом багатьох років багаторазові інструментальні дослідження дозволили викрити низку закономірностей розподілу фракційного складу, провідної фракції, медіанного діаметру, відсортованості пляжових наносів, ширини, висоти, крутості пляжів, форми їх профілю. Одночасно враховувався розподіл потоків вітро-хвильової енергії, її розпорощення над підводним схилом, походження наносів та їх потоки в межах окремих відкритих берегових дуг. Для співставлення використовуються приклади деяких дуг (бухт) на узбережжях Чорного та Балтійського морів. Більше десятка дуг досліджено вперше, складені їх схеми. Отриманий новий фактичний матеріал та виконаний його аналіз.

**Ключові слова:** море, берег, пляж, параметри, ширина, висота, похил, бухта, затока, наноси.

**Shuisky, Yu. D.**

Physical Geography Dept.,  
National Mechnikov's University of Odessa,  
2, Dvoryanskaya St., Odessa-82, 65082,  
Ukraine  
E-mail: physgeo.onu@ukr.net

**BASIC REGULARITIES OF SHORE FORMING IN CONCAVE  
ARCS OF NON-TIDAL SEAS****Abstract**

*The purpose* of this article is estimations regularities of morphology and dynamic different types of coastal arcs within coastal zone during newest time. The main objectives of the article are: a) analysis of published information and self original results during natural research along the Black Sea, the Sea of Azov and the Baltic Sea coasts; b)

content, estimation and consideration of shore sediment and relief in a arc coastal zone; c) composition and valuation of special illustration, maps and graphs; d) discussion and account of the general conclusions according aim of the manuscript.

The object of the article is a coastal zone of the non-tidal with opened shore arcs (bays). *The subject* is research, cartography and estimation of coastal zone nature with opened shore arcs and receiving of scientific materials and its regularities.

**Data & Methods.** As the starting materials for the research used information about the lithological and morphological characteristics of a number of beaches, of open coastal arcs – bays and gulfs of the Black and Baltic seas. Some of the investigated bays was mapping the route-forwarding methods. Another part of the coast is regularly measured by stationary method, which revealed the dynamics of the beaches. Additionally use information about beaches in the bays of other seas, which made it possible to carry out physical-geographical comparisons and establish a wide range of laws.

**Results** are showed in illustrations and in conclusions of the article after geographical discussion and estimations.

Around environment shore arcs variety located along coastal zone of different seas. The basical differences are genetic, morphometric, lithologic, dynamic features. Shore open arcs distinguished on: a) structural forms: its occupied natural depressions and characterized by endogenic genesis; b) sculpture forms: its elaborating by abrasion, denudation, weathering, fluvial processes. The beaches are most complicated accumulate forms. Also, the non-tidal Black Sea coast stand out by diversity of a shore arcs. Long time natural research of arc-beaches during every year showed a complicated regularities of distribution of  $Md$ ,  $S_o$ , directing sediment fraction, and wide, high, incline of different beaches. At the same time, wind-wave flow of energy distribution, its dissipation above the submarine slope, genesis of sediment and its drifting within the coastal arcs. As a comparative material were considered a several coastal arcs (coils) along shorelines of the Black Sea and the Sea of Azov. New scientific material was received about distribution of different the beach parameters within shore-arcs on a seas. The materials and conclusions can used during elaboration of industrial projects by sea-port, coastal protection, recreating buildings, transport hydrotechnical constructions, different communication across coastal zone from sea to land, and back.

**Key words:** sea, coast, beach, parameters, width, height, inclination, bay, arc, sediment.